

サーチライト課題において操作者の能動性と受動性が与える影響

○柄川 麻美 (東京大学), 村林 正堂 (東京大学), 矢野 史朗 (東京大学), 田村 雄介 (東京大学), 前田 貴記 (慶應義塾大学), 加藤 元一郎 (慶應義塾大学), 新井 民夫 (東京大学), 浅間 一 (東京大学)

Effects of users' activeness and passiveness on a searchlight-task

○Mami EGAWA (The Univ. of Tokyo), Masataka MURABAYASHI(The Univ. of Tokyo), Shiro YANO(The Univ. of Tokyo), Yusuke TAMURA(The Univ. of Tokyo), Takaki MAEDA(Keio Univ.), Motoichiro KATO(Keio Univ.), Tamio ARAI(The Univ. of Tokyo), and Hajime ASAMA(The Univ. of Tokyo)

Abstract: Recently, the opportunity people must do an active movement has been decreased. But in this paper, we hypothesize an operator's activeness improves a cognitive performance and verify it in a visual searching task. Moreover we study a relationship between this performance and Sense of Agency. The results show that the activeness and Sense of Agency have effects to this performance.

1. 序論

様々な場面で機械が使用される現代において、いつでも誰にとっても使いやすい機械設計や、より良いヒューマンインタフェース設計は必要不可欠である。今までも使いやすい人工物の実現に重要なヒューマンインタフェースの研究が数多く行われてきたが、昨今では脳に関する知見の蓄積により、脳の生理的状態や構造までも考慮したインタフェースの設計が可能となりつつある。

Fig. 1は、Blakemoreら[1]が提唱したComparatorモデルと呼ばれる概念的なモデルである。運動指令が運動系 (motor system) に入ると同時に、運動指令のコピーである遠心性コピーがForward Dynamic Model に入力される。そこで、運動指令が実行された場合の次の状態が予測され、次にForward Output Model によって、運動指令による感覚的な結果が予測される。最後にこれが、感覚系 (sensory system) から得られた実際の感覚フィードバックと比較される。この比較の大きさによって意思作用感 (他の誰でもない私が外部世界をコントロールしているという感覚) を判断している。

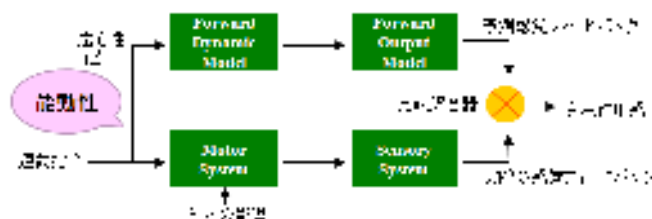


Fig. 1 Comparator model

村林ら[2]によると、この意思作用感がインタフェース設計において重要であることが分かっている。そしてこの意思作用感は、能動性をもつ行為をする時に生成される遠心性コピーに基づいて得られるため、能動的行為の際に能動的意思が生まれることで行為の主体が認知されている、ということがわかった。このことから我々は、この能動的意思が人の認知特性に大きな影響を与えているのではないかと考えた。本稿で能動的行為とは、自分から外界へ主体的にはたらきかけて動作を行うことと定義する。

本研究では、人々が能動的行為をする場合と、機械によって生み出される動作に受動的である場合の、認知にかかる時間やその原因を明らかにすることを目的とする。

特に本稿では、

- 1) 能動性が認知能力を向上させるという仮説を立て、それを検証する
- 2) 意思作用感と認知能力の関係を調べることを目的とし、以下の実験を行う。

2. 実験

暗い環境 (①: ディスプレイ) 内にあるターゲット (②: 赤い正方形) をサーチライト (③: 黄色い正方形) を用いて探索する、という視覚探索課題を実験1、実験2で行った (Fig. 2)。

Fig. 3 に本実験の時間の流れをイメージ図で表した。両手でコントローラを握り、ディスプレイの中央に顔

の正面がくるように座った被験者は、サーチライトの中にターゲットを発見したら即座にコントローラの右上にあるボタンを押す。なお実験環境は、外部からの刺激を最小限に抑えるために静かな場所とした。コンピュータの画面は縦 170[mm]横 230[mm]、ターゲットは一辺 2.4[mm]の正方形、サーチライトは一辺 48[mm]の正方形とし、サーチライトは 45[mm/s]で動かした。

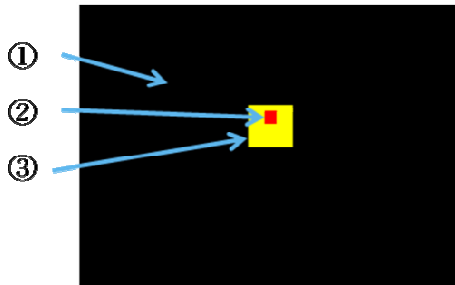


Fig. 2 Schematic view of screen

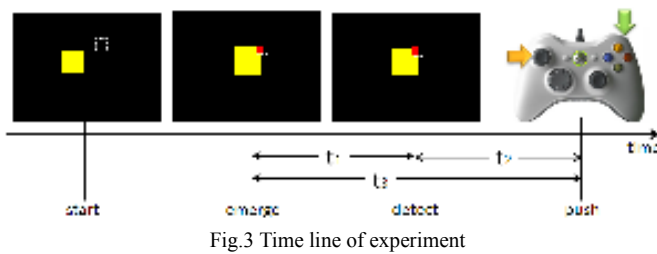


Fig.3 Time line of experiment

2.1. 予備実験

実験 1, 実験 2 で, サーチライトの中にターゲットが出現してから被験者がそれを見つけるまでにかかる時間 (t_1) について議論する際, ターゲットを発見してからボタンを押すまでにかかる時間 (t_2) における個人差を除外する必要がある. そのため予備実験として, 事前にこれを測定した.

ターゲットを決められた位置にランダムな時間間隔で出現させ, 各回において被験者がボタンを押すまでにかかる時間を測定した. これを 40 回行った.

2.2. 実験 1

能動性が認知能力を向上させるという仮説の検証.

2.2.1. 実験設定

右利きで健常な 10 代~50 代の男女 8 名を被験者とした. ターゲットを探索するサーチライトの動きを, 以下の 2 つの条件とした.

- Active : コントローラのジョイスティックを被験者が自分で操作しサーチライトを動かす
- Passive : 予測可能な経路に沿ってコンピュータが自動でサーチライトを動かす

2.2.2. 実験手順

初めに, コントローラの操作に慣れさせるための十

分な練習時間を被験者に与えた.

その後, 暗い環境内を動くサーチライトからランダムな位置に現れるターゲットを見つけ, 即座にコントローラのボタンを押すという作業を行った. この一連の流れを 1 回のタスクと決め, 20 回のタスクで 1 セットとした. このセットを Active, Passive の条件を交互に 2 セット (40 タスク) ずつ, 計 80 タスク行った.

各回で, ターゲットが出現してから被験者がボタンを押すまでの時間 (t_3) を測定した.

2.2.3. 実験結果

被験者 8 人全員の各条件下での反応時間を全てまとめた平均値を Fig. 4 に, 被験者 1 ~ 8 内の各条件下での反応時間の平均値を Fig. 5 に示す. ここで縦軸に用いる反応時間とは, 測定結果 (t_3) から予備実験の測定結果 (t_2) を引いて求めた反応時間 (t_1) のことである. 本稿では, この反応時間を認知能力の指標とする.

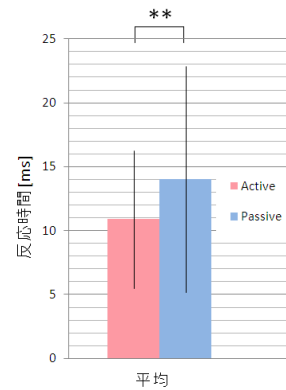


Fig. 4 Comparison of reaction time between active and passive movement

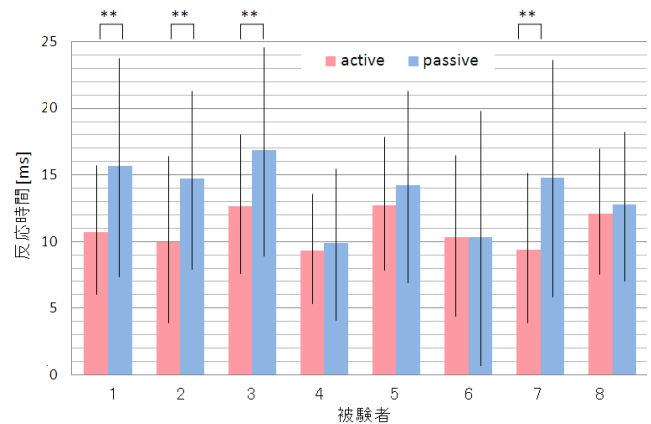


Fig. 5 Comparison of reaction time within experimental subject between active and passive movement

被験者 8 人全員の反応時間の平均値 (標準偏差) は, Active: 10.9[ms] (5.38[ms]), Passive: 14.0[ms] (8.83[ms]) であり, これらに対して対応のある t 検定を行ったところ平均値の差が 1% で有意であるという結果が得られた ($t(319)=5.410, p<0.01$).

また Fig. 4 からは, 全ての被験者において能動的な探索の際にかかる反応時間は (Active 条件下), 受動的に

ターゲットを探す時の反応時間の平均よりも（Passive条件下）短かったことがわかる。ここで、全ての被験者の両条件下での反応時間に対して対応のある t 検定を行ったところ、被験者 1、被験者 2、被験者 3、被験者 7 において平均値の差が 1% で有意であるという結果が得られた（被験者 1: $t(39)=2.761$, $p<0.01$. 被験者 2: $t(39)=3.261$, $p<0.01$. 被験者 3: $t(39)=2.799$, $p<0.01$. 被験者 7: $t(39)=3.265$, $p<0.01$.）。

2.3. 実験 2

意思作用感と認知能力の関係を調べる。

2.3.1. 実験設定

右利きで健常な 20 代～50 代の男女 5 名を被験者とした。被験者は自分でコントローラのジョイスティックを操作し、サーチライトを動かす。ここで被験者の意思作用感を減少させるために、ジョイスティックの操作からディスプレイ上のサーチライトの動きの表示までに以下の 4 つ条件で時間遅れをつける。

- 0[ms]：被験者がジョイスティックを動かすと同時にサーチライトが動く
- 100[ms]：被験者がジョイスティックを動かしてから 100[ms]遅れてサーチライトが動く
- 300[ms]：被験者がジョイスティックを動かしてから 300[ms]遅れてサーチライトが動く
- 500[ms]：被験者がジョイスティックを動かしてから 500[ms]遅れてサーチライトが動く

2.3.2. 実験手順

初めに、コントローラの操作に慣れさせるための十分な練習時間を被験者に与えた。

その後、暗い環境内を動くサーチライトからランダムな位置に現れるターゲットを見つけ、即座にコントローラのボタンを押すという作業を行った。ここで探索する際、各条件下での意思作用感の有無を調べるために、ターゲットを見つけた後ボタンを押すごとに「自分以外の何者かによってコントローラの操作が邪魔されていると感じたか」について YES/NO でヒアリングを行った。この一連の流れを 1 回のタスクとし、上記の 4 つの条件をランダムな順序で各条件 30 回ずつ、計 120 タスク行った。

各回で、ターゲットを見つけてから被験者がボタンを押すまでの時間 (t_3) を測定した。

2.3.3. 実験結果

被験者 5 人全員の各条件下での反応時間を全てまとめた平均値を Fig. 6 に、意思作用感があると答えた割合を Fig. 7 に示す。ここで縦軸に用いる反応時間とは、測定結果 (t_3) から予備実験の測定結果 (t_2) を引いて求めた反応時間 (t_1) のことである。

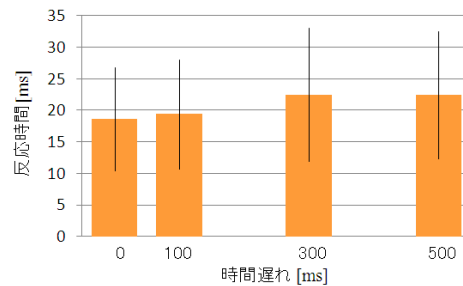


Fig. 6 Relationship between reaction time and time delay

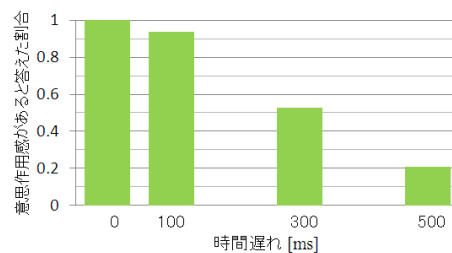


Fig. 7 Relationship between Sense of Agency and time delay

この結果から、5 人全員分をまとめた測定結果においても、1 人ずつの測定結果においても全て、コントローラの操作からディスプレイの表示までにかかる時間遅れが大きくなればなるほど、反応時間は長くなる傾向があることがわかった。

また 5 人全ての被験者において、時間遅れが大きくなればなるほど意思作用感は減少した。

ここで各被験者において、意思作用感があると答えた割合と反応時間の、相関係数およびその平均値を求めたところ強い負の相関が示された($r=-0.783$)。

3. 考察

実験 1 において、能動性が認知能力を向上させるという仮説の妥当性を確認した。現在多くのインタフェースは、例えばあるターゲットを探索する際「サーチライトを動かしてターゲットを見つけた瞬間にボタンを押す」というように 2 つの作業が課せられる場合よりも、「ターゲットを見つけた瞬間にボタンを押す」というように 1 つの作業しか必要としない場合の方が素早く反応することが出来ると考えて設計されている。しかし本実験の結果は、我々人間は自分の意思で能動的に行為を行う時、機械などによって生み出された行為に受動的に反応する時よりも認知能力が向上し素早く反応することができるという可能性を示唆している。

実験 2 において、時間遅れを用いて意思作用感を変化させた時の認知能力の変化を調べ、時間遅れが大きくなればなるほど、意思作用感と認知能力が共に減少するという結果を得た。このことは、他の何者でもない自分がサーチライトを操作しているという感覚が高

ければ高いほど、つまりフォワードモデルが常に正常にはたらいっている場合ほど、認知能力は高まり素早く反応することができるという可能性を示唆している。

4. まとめと今後の展望

本稿では、能動性が認知能力を向上させるという仮説の検証を行い、その後、意思作用感が高い時に認知能力も向上することを示した。

今後は被験者数を増やすとともに、反応時間だけでなくより高次の認知能力についても議論していく予定である。

参考文献

- [1] S.J.Blakemore, D.A.Oakley, and C.D.Frith : “Delusions of alien control in the normal brain”, *Neuropsychologia*, Vol. 41, pp.1058-1067, 2003.
- [2] 村林正堂 : “行動によって生じる感覚フィードバックの変化が意志作用感に与える影響”, 東京大学大学院 工学系研究科 精密機械工学専攻 修士論文, pp.13-16, pp.71-84, 2010